

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
6 juin 2002 (06.06.2002)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
**WO 02/44566 A1**

(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> :  
F04B 53/10, B01J 19/00

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR01/03783

(22) Date de dépôt international :  
30 novembre 2001 (30.11.2001)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
00/15550 1 décembre 2000 (01.12.2000) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :  
**BIOMERIEUX S.A.** [FR/FR]; Chemin de l'Orme,  
F-69280 Marcy l'Etoile (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **GARNIER, Francis** [FR/FR]; 17, villa Rémy, F-94500 Champigny sur Marne (FR). **MANDRAND, Bernard** [FR/FR]; 21, rue de la Duoa, F-69100 Villeurbanne (FR). **BROYER, Patrick** [FR/FR]; 11, avenue Roberto Rossellini, Athéna 1, F-69100 Villeurbanne (FR). **IMBAUD, Pierre** [FR/FR]; Montée des Sarments, F-69480 Pommiers (FR).

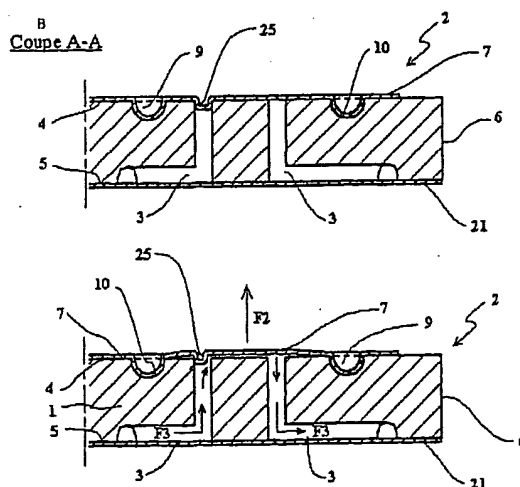
(74) Mandataire : **BONNEAU, Gérard**; Les Taissonnières HB3, 1681, Route des Dolines, F-06560 Sophia Antipolis (FR).

(81) États désignés (national) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: VALVES ACTIVATED BY ELECTRICALLY ACTIVE POLYMERS OR BY SHAPE-MEMORY MATERIALS, DEVICE CONTAINING SAME AND METHOD FOR USING SAME

(54) Titre : VANNES ACTIVEES PAR DES POLYMERES ELECTRO-ACTIFS OU PAR DES MATERIAUX A MEMOIRE DE FORME, DISPOSITIF CONTENANT DE TELLES VANNES ET PROCEDE DE MISE EN OUVRE



B SHAPE A-A

(57) Abstract: The invention concerns a valve (2), traversed by at least a channel (3), for directing at least a fluid (F3) driven by transfer means inside a device (1), said device (1) comprising at least a surface (4), optionally planar, the valve (2) consists of a flexible and/or deformable film (7) fixed on all or part of the surface (4) of said device and of a film actuator (7) for activating or deactivating said valve (2), said actuator consisting of an electrical source. The invention also concerns a reaction card (1) equipped with at least a valve (2), and a method for activating said valve (2). The invention is particularly applicable in the field of diagnosis.

[Suite sur la page suivante]

WO 02/44566 A1

BEST AVAILABLE COPY



SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU,  
ZA, ZM, ZW.

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale

- (84) États désignés (*régional*) : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

(57) Abrégé : La présente invention concerne une vanne (2), traversée par au moins un canal (3), permettant de diriger au moins un fluide (F3) dû par des moyens de transfert au sein d'un dispositif (1), le dispositif (1) comportant au moins une face (4), éventuellement plane, la vanne (2) est constituée d'une part d'un film (7), flexible et/ou qui peut être déformé, fixé sur tout ou partie de la face (4) dudit dispositif (1), et d'autre part d'un actionneur du film (7), qui permet d'activer ou de désactiver ladite vanne (2), cet actionneur étant constitué par une source électrique.

**Vannes activées par des polymères électro-actifs ou par des matériaux à mémoire de forme, dispositif contenant de telles vannes et procédé de mise en œuvre**

**DESCRIPTION**

5

La présente invention concerne le domaine de la micro-fluidique où des vannes sont utilisées pour diriger au moins un fluide mû par des moyens de transfert au sein d'une carte d'analyse.

Jusqu'à présent la plupart des cartes d'analyse comporte des évidements sur leurs deux faces planes et parallèles aux faces, ainsi que des évidements transversaux auxdites faces, l'ensemble de ces évidements constituant un réseau de canaux dans lequel un ou plusieurs fluides sont déplacés. Lesdits évidements sont délimités, au niveau des faces, par des films autocollants. Le contrôle des déplacements de fluides est assuré par des vannes.

15

Ce type de structure n'est pas réutilisable, puisque l'utilisation d'une vanne n'est efficace qu'une seule fois. Ainsi lorsque la vanne est basculée en position fermée, la surface autocollante du film vient également en contact avec le reste de la carte, et la vanne ne peut alors plus être utilisée. La vanne reste en position fermée.

20

La seule solution à ce problème consiste donc en le dépôt sur un film collant, d'une couche inerte, c'est-à-dire non collante, cette couche inerte étant réalisée préalablement par l'intermédiaire de découpes, par exemple dues à l'action d'emporte-pièces et positionnée précisément par rapport au film collant.

25

Ceci n'est pas aisé à réaliser techniquement, de plus le coût de fabrication d'un tel film complexe ainsi que les difficultés du bon positionnement de ce film sur la carte d'analyse, sont incompatibles avec une production en très grande quantité.

30

La demande de brevet WO-A-00/13795 déposée par la demanderesse propose une invention sur un dispositif ou carte d'analyse permettant de conduire une réaction ou au moins deux réactions en parallèle ou en série en son sein. Le dispositif est constitué par, d'une part, un réseau de canaux au sein duquel le transfert d'au moins un échantillon à traiter et/ou à analyser est possible, et d'autre part, au moins une vanne incorporée au dispositif permettant l'orientation de chaque échantillon transféré

*au niveau du réseau et donc le contrôle des transferts, des réactions et des analyses dans ledit dispositif. Dans le mode de réalisation des figures 1 à 3, on remarque qu'une pastille en élastomère est insérée entre le film autocollant et le corps de la carte, ce qui autorise une réutilisation de la vanne.*

5            Cette structure apporte donc bien une solution, néanmoins ceci augmente le nombre d'éléments et le coût pour permettre de réaliser une carte d'analyse fonctionnelle.

*Le document WO-A-97/27324 essaie de trouver une solution à ce problème. Ainsi, il concerne une cassette pour conduire en parallèle des réactions qui comporte*  
10 *une ouverture d'entrée et une ouverture de sortie pour le transfert du ou des échantillons à introduire dans la cassette. Des vannes sont présentes au niveau de la cassette, qui ont une construction particulière (chambre de Bursapak, soupape à piston, valve à bille). Ces vannes permettent, sous l'action d'une force extérieure continue, de maintenir un canal fermé. Dans ce mode de réalisation, le film est soudé*  
15 *sur la cassette.*

Toutefois, cette construction comporte un inconvénient majeur. Celui-ci consiste en la déformation de la face de la cassette subissant la soudure du film. Alors qu'à l'origine cette face est complètement plane la soudure entraîne une déformation préjudiciable à la bonne utilisation ultérieure de la cassette. Ceci peut aller de l'erreur  
20 de manipulation et/ou d'analyse à l'impossibilité de faire fonctionner les vannes. Le pire des problèmes peut être rencontré lorsque ce type de cassette est utilisé au sein d'un automate, ce qui est généralement le cas. Dans cette configuration, la carte déformée par la soudure peut bloquer l'ensemble de l'automate, voire le détériorer.

Un autre inconvénient de cette innovation réside dans l'absolu nécessité d'avoir  
25 une soudure précise du film sur la carte. Une erreur infime peut entraîner un bouchage de canaux et/ou une fuite de la vanne.

*La demanderesse a également déposée une demande de brevet PCT/FR00/1719 sous priorité du 22 juin 1999, qui apporte une réponse concrète à l'ensemble des inconvénients de l'état de la technique ci-dessus développés. Ainsi, la soudure du film*  
30 *sur le corps de la carte d'analyse s'effectue sans détérioration de la face où la soudure est réalisée. De plus, la tolérance pour la position de la soudure est plus grande,*

puisque celle-ci ne fait que circonscrire la zone constituant la vanne et ne l'épouse pas au plus près. Cette invention concerne une vanne, traversée par au moins un canal, permettant de diriger au moins un fluide mû par des moyens de transfert au sein d'une carte d'analyse, la carte comportant deux faces reliées l'une à l'autre par un bord, caractérisée par le fait qu'elle est constituée d'une part d'un film, flexible et/ou qui peut être déformé, fixé en partie sur au moins l'une des faces de ladite carte, et d'autre part d'un moyen de compression du film, moyen qui peut être activé ou désactivé. La fixation est réalisée au niveau d'au moins l'une des faces planes par l'intermédiaire d'une fixation située au niveau d'un renforcement périphérique à la vanne, tel qu'une rainure. De plus, la fixation est assurée par une soudure périphérique à la vanne en fond de rainure.

Toutefois, les films flexibles qui sont utilisés dans l'état de la technique sont inertes, c'est-à-dire qu'ils n'ont que des propriétés de déformations structurales suite à des contraintes physiques. La succession de ces contraintes ainsi que leur intensité, peut induire une déformation constante, pouvant entraîner soit la fermeture soit l'ouverture définitive. De plus, ces ouvertures et/ou fermetures par déformation obligent à disposer d'un mécanisme pour actionner le mouvement des films flexibles, ce qui est volumineux, lourd et onéreux.

Il existe des films qui ne sont pas inertes, il s'agit des polymères conducteurs intrinsèques, qui seront mieux définis par la suite de l'exposé. L'utilisation de tels films comme actionneurs est connue également comme le prouvent les demandes de brevet suivantes :

- WO-A-99/07997 à propos d'un moteur rotatif entraîné par un polymère conducteur,
- EP-A-0.735.518 qui propose une cellule de braille pourvue d'un actionneur qui contient un polymère à conductivité électrique intrinsèque, et
- WO-A-98/35529 présentant un actionneur sonique à film polymère diélectrique élastomère.

La demande de brevet WO-A-97/22825 propose un dispositif microfluidique pour délivrer ou non un liquide ou un gaz présent dans une poche via un conduit (48). La fermeture ou l'ouverture du conduit, dont les cloisons sont souples, s'effectue par une valve comprenant un actionneur piézo-électrique qui peut fermer ou ouvrir le

conduit par l'intermédiaire d'une lame métallique. La fermeture ou l'ouverture s'effectue en fonction du potentiel électrique appliqué au niveau de l'actionneur. De même, le brevet US-A-6,033,191 concerne plus particulièrement une pompe et non réellement une vanne. Cette pompe possède entre autre un actionneur piézo-électrique qui est superposé à la membrane de la pompe et même fixé par l'intermédiaire d'un agent de liaison conduisant l'électricité.

Contrairement à la présente invention, où l'actionneur est constitué par le seul courant électrique qui va déformer directement le film, l'actionneur selon l'état de la technique, constitué par les deux documents précédents, est en deux parties, qui subissent directement, pour le piézo-électrique, ou indirectement, pour la lame, le potentiel électrique, ces deux parties étant indépendante de la cloison qui elle se déforme toujours sous une action indirecte du courant électrique.

Conformément à la présente invention, il est prévu d'utiliser des polymères conducteurs très différents de ceux énumérés ci-dessus, et qui sont également appelés polymères électro-actifs. Ils permettent de réaliser des vannes et plus précisément des mini-vannes, qui sont normalement ouvertes ou fermées et qui deviennent respectivement fermées ou ouvertes lorsqu'un courant électrique leur est appliqué. Ce mécanisme simplifie considérablement leur conception et leur fonctionnement.

De tels polymères sont déjà connus mais leur utilisation est limitée pour le moment à la recherche fondamentale. L'utilisation de ces matériaux dans les vannes sur des cartes d'analyse de petite dimension est donc particulièrement intéressante et non évidente.

Par rapport à des vannes commandées mécaniquement ou pneumatiquement, les vannes commandées par des polymères électro-actifs ou des matériaux à mémoire de forme ont les avantages suivants :

- réduction de l'instrumentation associée à l'adressage des vannes,
- miniaturisation facilitée, une vanne peut avoir une taille de un micromètre ( $\mu\text{m}$ ), et de là on peut obtenir une plus grande densité de vannes, ce qui permet de gérer des protocoles biologiques plus complexes, contenant plus d'étapes par exemple, et
- association de deux vannes au moins le long d'un même canal, qui, par un contrôle rigoureux de leur ouverture et fermeture, peut permettre de créer une micro-pompe.

Dans le cadre de la micro-pompe, il y a nécessité à synchroniser parfaitement l'ouverture et la fermeture des deux vannes concernées, ce qui est réalisable électriquement, mais beaucoup plus difficile mécaniquement, surtout avec des dimensions de l'ordre de quelques micromètres.

5

A cet effet, la présente invention concerne une vanne, traversée par au moins un canal, permettant de diriger au moins un fluide mû par des moyens de transfert au sein d'un dispositif, le dispositif comportant au moins une face, éventuellement plane, la vanne est constituée d'une part d'un film, flexible et/ou qui peut être déformé, fixé sur tout ou partie de la face dudit dispositif, et d'autre part d'un actionneur du film, qui  
10 permet d'activer ou de désactiver ladite vanne, cet actionneur étant constitué par une source électrique.

Préférentiellement, le dispositif est constitué par une carte d'analyse comportant deux faces, éventuellement planes et reliées l'une à l'autre par un bord, la vanne est  
15 constituée d'une part d'un film, flexible et/ou qui peut être déformé, fixé sur tout ou partie d'au moins l'une des faces.

Préférentiellement, l'actionneur agit directement sur un polymère électro-actif ou sur un matériau à mémoire de forme.

Selon une première variante de réalisation, le film est constitué par au moins  
20 une couche de polymère électro-actif permettant d'activer ou de désactiver directement la vanne.

Selon cette première variante, un premier mode de réalisation est représenté par le film est constitué d'une couche de polymère électro-actif associé à une membrane poreuse revêtue sur l'autre de ses faces d'une couche métallique d'or ou d'argent, le  
25 polymère électro-actif constituant soit l'électrode positive soit l'électrode négative et la couche métallique constituant l'électrode de polarité complémentaire de l'actionneur ou source de courant électrique.

Selon cette première variante, un second mode de réalisation est représenté par le film est constitué d'une couche de polymère électro-actif associé à une membrane poreuse revêtue sur l'autre de ses faces d'une couche métallique d'or ou d'argent, le  
30 polymère électro-actif constituant soit l'électrode positive soit l'électrode négative et la

couche métallique constituant l'électrode de polarité complémentaire de l'actionneur ou source de courant électrique.

Dans ces deux modes de réalisation, une couche de polymère électro-actif est constituée de polyaniline et/ou de polypyrrole et/ou de polythiophène et/ou  
5 polyparaphénylvinylène et/ou poly-(p-pyridyl vinylène), éventuellement associé à du polyéthylène.

Toujours dans ces deux modes de réalisation, la couche poreuse est constituée de tout matériau ou mélange de matériaux dont la porosité laisse passer les ions, tel que téflon, polyamide, cellulose, polyacétate et/ou polycarbonate.

10 Selon une deuxième variante de réalisation, un mécanisme de commande est présent entre le film et l'actionneur.

Selon cette deuxième variante, le mécanisme de commande est constitué en toute ou partie par un polymère électro-actif tel que défini précédemment, ou par un matériau à mémoire de forme, permettant d'activer ou de désactiver indirectement la  
15 vanne.

Dans le cas où un matériau en polymère électro-actif est utilisé, le polymère électro-actif est constitué par une bande longitudinale d'au moins une couche de polymère électro-actif. Dans le cas où un matériau à mémoire de forme est utilisé, il est constitué par un fil en alliage complexe dont la structure se modifie en fonction de la  
20 température, tel qu'un alliage de nickel et de titane.

De plus, selon la deuxième variante de réalisation, le matériau à mémoire de forme coopère avec un levier basculant et constituent ensemble toute ou partie du mécanisme de commande.

Plus précisément, le levier basculant est constitué d'une partie flexible et d'une  
25 partie rigide, la partie rigide coopérant avec un moyen de compression de la vanne, le matériau à mémoire de forme, le levier et le moyen de compression constituent ensemble toute ou partie du mécanisme de commande.

La présente invention concerne également une carte d'analyse contenant au moins une vanne, telle que décrite ci-dessus.

30 L'invention propose enfin un procédé d'activation d'une vanne, telle que décrite ci-dessus, qui consiste à :



- appliquer un courant électrique à un film ou un fil en polymère électro-actif ou en un métal à mémoire de forme en position de repos, la vanne étant en position ouverte (ou fermée),
- maintenir le courant pour conserver le film ou le fil en position active correspondant à une action directe ou indirecte sur la vanne en position fermée (ou ouverte), et
- arrêter le courant pour que ledit film ou fil retourne en position de repos et ladite vanne retourne en position ouverte (ou fermée).

Les figures ci-jointes sont données à titre d'exemple explicatif et n'ont aucun caractère limitatif. Elles permettront de mieux comprendre l'invention.

La figure 1 représente une vue de dessus de la carte d'analyse, selon un premier mode de réalisation.

La figure 2 représente une vue en coupe selon A-A de la figure 1, lorsque la vanne est en position fermée.

La figure 3 représente une vue en coupe identique à la figure 2, lorsque la vanne est en position ouverte.

La figure 4 représente une vue semblable à la figure 3, c'est-à-dire lorsque la vanne est en position ouverte, d'un deuxième mode de réalisation.

La figure 5 représente une vue identique à la figure 4, mais lorsque la vanne est en position fermée.

La figure 6 représente une vue de dessus des figures 4 et 5.

La figure 7 représente une vue semblable aux figures 3 et 4, c'est-à-dire lorsque la vanne est en position ouverte, d'un troisième mode de réalisation.

La figure 8 représente une vue identique à la figure 7, mais lorsque la vanne est en position fermée.

La figure 9 représente une vue en perspective d'une carte d'analyse selon l'invention dans un quatrième mode de réalisation.

La figure 10 représente une vue en coupe selon B-B de la figure 9, lorsque la vanne est en position fermée.

La figure 11 représente une vue en coupe identique à la figure 10, lorsque la vanne est en position ouverte.

La figure 12 représente une vue de dessus d'un ensemble de cartes d'analyse, en vue partielle, selon les figures 10 et 11, dans laquelle toutes les vannes visibles sont en position fermée.

La figure 13 représente une vue identique à la figure 12, dans laquelle seule une des vannes visibles est en position ouverte.

La figure 14 représente une vue semblable à la figure 12, mais dans laquelle toutes les vannes visibles en position fermée sont fermées directement par le levier basculant.

Enfin, la figure 15 représente une vue identique à la figure 14, dans laquelle seule une des vannes visibles est en position ouverte.

#### Carte d'analyse selon l'invention :

Une carte d'analyse 1 selon l'invention est une combinaison sur un même support de quelques centimètres carré (cm<sup>2</sup>) des fonctions de gestion des fluides (micro-fluidique), de réaction chimique et/ou biochimique, de séparation des espèces présentes dans le fluide et de détection de ces espèces. Ces systèmes peuvent permettre d'assurer de façon automatique et autonome toutes les fonctions de toute la chaîne d'analyse chimique et/ou biochimique classique en ne manipulant que de très faibles quantités de réactifs, comprises entre quelques microlitres et quelques nanolitres.

Les fonctions les plus couramment rencontrées pour ce type de carte d'analyse 1 sont représentées sur le tableau 1 ci-après. Cette liste n'est absolument pas exhaustive.

Gestion des fluides	Réaction	Séparation	Détection
Electrophorèse	Mélange Incubation Chauffage	Electrophorèse	Electrochimie Spectroscopie
Electro-osmose		Electro-osmose	
Micropompage		Chromatographie	
Microvanne			
Capteur			

Tableau 1 : Principales fonctions utilisées sur les cartes d'analyse selon l'invention

Les matériaux qui peuvent être utilisés pour réaliser ces cartes d'analyse 1 sont le silicium, les polymères, le quartz ou le verre. L'utilisation des polymères conducteurs et des polymères électro-actifs, définis plus loin, permet de réaliser de nombreuses autres fonctions.

La présente invention concerne une carte réactionnelle 1 qui est constituée d'un parallélépipède rectangle comportant une face avant 4 et une face arrière 5 reliées l'une à l'autre, par un bord, également appelé tranche 6. Sur la figure 1 est donc représenté en traits pleins, l'ensemble des éléments qui constitue la face avant 4. On remarque entre autre, un certain nombre de canaux 3 qui sont débouchants au niveau de cette face 4. Ces canaux 3 sont cloisonnés par l'intermédiaire d'un film transparent 7, collé sur ladite face avant 4. Néanmoins, il n'est pas obligatoire que ce film 7, comme ceux qui seront décrits ci-dessous, soit transparent, il pourrait être opaque translucide, etc. La nature transparente permet néanmoins de mieux visualiser éventuellement la position d'une solution biologique à tester, ou tout autre solution introduite dans la carte 1. La face arrière 5 comporte également un film transparent référencé 21 qui cloisonne les canaux 3 représentés en pointillé car ils se trouvent, par endroit, affleurants au niveau de cette face arrière 5. Ce film 21 est très semblable à celui qui est représenté sur la face avant 4 des figures 10 et 11, qui constitue un autre mode de réalisation, et est référencé 16. Ces films 16 et 21 sont constitués de films BOPP (Biaxially Oriented PolyPropylen) ou autres films de même nature, qui sont soudés ou collés sur le corps de la carte 1, ce corps étant inerte par rapport aux solutions transférées et aux réactions qu'ils subissent. La nature du film 7 par contre est assez particulière puisqu'elle est en polymère électro-actif. Elle sera plus détaillée par la suite.

Chaque film 7, 16 ou 21 peut être présent sur toute la surface de la carte 1, c'est le cas pour les films 16 et 21, ou sur certaines portions de ladite carte 1, comme pour le film 7. Néanmoins, il peut ne pas y avoir de film 21, dans ce cas il est remplacé par une paroi réalisée dans la même matière que le reste du corps de la carte 1.

Le film 16 délimite la face extérieure des vannes 2 selon le mode de réalisation des figures 10 et 11. Celui-ci 16 est donc d'une nature suffisamment souple pour permettre le passage d'un liquide à tester, d'une solution traitée, d'un liquide de lavage,

d'un liquide d'élution, etc. Il peut être constitué d'une membrane de silicone, de latex, en élastomère, par exemple Santopren (marque déposée), de films complexes sandwich à deux épaisseurs, tels que par exemple un couple en PE/PET (PolyEthylen / PolyEthylen Tetraphthalate) ou de films complexes sandwich à plus de deux épaisseurs, tels que par exemple un couple en SEBS/SBS (Styren Ethylen/Butylen Styrene / Styren Butylen Styrene).

De plus, le film transparent 16 situé au niveau de la face avant 4, et le film transparent 21 situé au niveau de la face arrière 5, peuvent être constitués d'un seul et même film transparent, ce qui facilite la fabrication de la carte 1 ainsi équipée.

Une carte d'analyse 1, selon l'invention, comporte en général plusieurs dizaines de vannes 2, comme cela est, par exemple, le cas dans les demandes de brevet PCT/FR00/01718, sous priorité du 22 juin 1999, et FR00/10978 du 28 août 2000, déposées par la demanderesse. Un exemple de mouvements des fluides (F1 de la figure 1) à l'intérieur du réseau de canaux 3 ou (F3 des figures 3, 4, 7 et 11) au niveau des vannes 2 sont d'ailleurs bien exposés dans la demande de brevet FR00/10978.

La commande de ces vannes 2 est le fait d'un adressage électrique qui sera précisé ultérieurement.

#### Polymères conducteurs :

Pour information, les polymères conducteurs évoqués dans l'état de la technique ci-dessus, peuvent être de trois grands types :

- les polymères conducteurs extrinsèques, qui sont constitués d'une matrice polymérique isolante à laquelle sont ajoutées des particules conductrices, généralement du noir de carbone, qui assurent la conduction électrique du matériau ;
- les polymères conducteurs extrinsèques ont de nombreuses applications industrielles dans le domaine de l'emballage (anti-statique ou anti-électromagnétique), de la protection électrique et de la connectique,
- les polymères conducteurs ioniques, qui peuvent être classés selon les polymères porteurs de groupes ioniques, les polymères gonflés de solution ionique et les électrolytes polymères solides ; la conductibilité du polymère est assuré par les ions

présents dans le matériau ; les polymères conducteurs ioniques trouvent leur application industrielle dans les générateurs électrochimiques polymères,

- les polymères conducteurs intrinsèques, qui présentent une alternance de liaisons simple et double (polymère conjugué) ; cette structure électronique particulière est responsable de leurs propriétés conductrices, la conduction étant assurée par les chaînes hydrocarbonées du polymère ; certains ont des propriétés électriques (polyaniline, polypyrrole, polythiophène, polyacétylène) alors que d'autres ont des propriétés électroluminescentes (polyphénylène vinylène).

#### Polymères électro-actifs :

Les polymères électro-actifs ont la propriété de se déformer lorsqu'ils sont soumis à une tension. Ils peuvent être scindés en deux familles répondant soit par un mouvement pendulaire soit par un mouvement longitudinal à une tension électrique, comme cela est bien représenté sur le tableau 2 suivant.

Mode de déplacement	Pendulaire	Longitudinal
Type de polymère	Ionic Polymer Metal	Electro-strictif
	Composite (IPMC)	Piézo-électrique
	Bicouches/Multicouches	Electrostatique
	Polypyrrole, polyaniline	Gel polymère ionique
Matériau	Nanotubes de carbone, Alliage à mémoire de forme...	Céramique piézo-électrique...

Tableau 2 : Nature des polymères électro-actifs en fonction de leur mode de déplacement

Il existe des produits sous forme de feuille appelé Nafion (marque déposée) d'une épaisseur de 180  $\mu\text{m}$  et fabriqués par Dupont de Nemours aux Etats-Unis. Il s'agit d'un polymère perfluorosulfate, qui est recouvert ensuite avec des électrodes. Des informations complémentaires sur ce matériau peuvent être trouvées dans l'article de S.

G. Wax et R. R. Sands, Electroactive Polymer Actuators and Devices. SPIE Vol. 3669, Mars 1999 ; 2-10, ou dans l'article de Y. Bar-Cohen, S. Leary, M. Shahinpoor, J. O. Harrison et J. Smith, Electro-Active Polymer (EAP) actuators for planetary applications. SPIE Vol. 3669, Mars 1999 ; 57-63 Les protons sont échangés contre des cations mobiles utilisés dans le processus d'échange, qui sont généralement le sodium ( $\text{Na}^+$ ) ou le lithium ( $\text{Li}^+$ ). Ceci nécessite la présence d'un solvant pour fonctionner et absorbe beaucoup d'eau. Les groupements  $\text{SO}_3^-$  sont fixés à la matrice de la membrane.

#### Adressage électrique :

Concernant le problème de l'adressage électrique d'une matrice de  $n \times n$  électrodes, correspondant à des vannes électro-actives, présentes sur une carte d'analyse, il est possible d'utiliser soit une technique de connexion directe soit un multiplexage.

La connexion directe est le schéma d'adressage le plus simple. Il consiste à relier chaque élément de la matrice X/Y par deux fils de connexion. Le support peut être indifféremment un support de silicium ou en polymère de taille variable grâce aux micro-technologies et aux techniques du circuit imprimé et de la sérigraphie.

La technique du multiplexage consiste à intégrer des fonctions électroniques sous les électrodes de la matrice (décodeur lignes - colonnes). Ces fonctions électroniques vont permettre, en fonction du choix de la ligne et de la colonne, d'adresser spécifiquement un point X/Y. Seules les techniques de la micro-électronique permettent de réaliser des composants intégrant des fonctions électroniques. Ce type de schéma d'adressage, qui fait appel aux technologies du circuit intégré, est réservé aux composants de faible taille réalisés sur silicium ou sur verre uniquement. De tels principes de multiplexage sont par exemple bien décrits dans le brevet US-A-5,965,452.

Le choix d'un schéma d'adressage dépend de la densité d'électrodes au  $\text{cm}^2$  envisagée. Pour une densité d'électrodes supérieure à 100 par  $\text{cm}^2$ , une matrice multiplexée par les techniques de la micro-électronique sur silicium ou sur verre est généralement employée. Cette technique en raison de son faible coût au  $\text{cm}^2$  doit être limitée à des composants de faible taille, de l'ordre de quelques  $\text{mm}^2$ , et convient à la

réalisation de puces à ADN adressable électriquement. En revanche, pour des densités moins importantes, le schéma connexion directe peut être utilisé.

#### **Description de l'invention :**

5 Les figures 1 à 8 représentent un premier mode de réalisation qui utilise un film 7 en polymère électro-actif, et qui permet l'action directe de la source de courant électrique sur ledit film 7. Ces figures décrivent en fait trois alternatives différentes de construction, représentées respectivement aux figures 1 à 3 pour la première variante de réalisation, aux figures 4 à 6 pour la deuxième variante de réalisation, et aux figures 7  
10 et 8 pour la troisième variante de réalisation.

Les figures 9 à 13 représentent un second mode de réalisation qui utilise un film 16, normal, c'est-à-dire identique au film 21 situé au dos 5 de la carte 1, et qui permet l'action indirecte de la source de courant électrique sur ledit film 16, via un mécanisme de commande 13 intermédiaire. Ces figures décrivent une quatrième variante de  
15 réalisation.

Dans la suite de cette description, la référence aux variantes de réalisation sera effectuée en relation avec les explications données ci-dessus.

La présente invention concerne une carte d'analyse 1 qui est un support usiné de  
20 petite taille, par exemple de quelques centimètres carré et qui permet, à l'aide d'un réseau de circulation de fluides de gérer (par exemple électrophorèse, pompage, vannes, capteurs) des réactions (mélange, incubation, chauffage...) chimiques ou biochimiques et de séparer (électrophorèse, chromatographie, etc.) ou détecter (détection électrochimie, spectroscopique...) une ou plusieurs espèces présentes dans le fluide.

25

#### **1°) Première variante de réalisation :**

La figure 1 représente une première variante de réalisation qui reprend dans ces grandes lignes les caractéristiques des figures 4 à 6 décrites dans la demande de brevet PCT/FR00/01719 déposée par la demanderesse sous priorité du 22 juin 1999, à la  
30 différence que sur les figures de la présente invention, il n'y a aucune languette flexible. Dans ce cas, on remarque que chaque vanne 2 est constituée d'une petite surface plane

située au même niveau que le reste de la surface plane de ladite carte 1 (voir également les figures 2 et 3). Cette petite surface plane comprend au moins un canal d'arrivée 3 et un canal de départ 3, le point d'intersection entre cette surface et les canaux 3 d'arrivée et de sortie du fluide étant au contact du film 7 comme cela est bien représenté sur la figure 2. Dans ce cas, la vanne est fermée. On remarque d'ailleurs sur la figure 2 que le film 7 comporte une invagination 25, qui a pour fonction de boucher un des deux canaux 3. Bien entendu, des invaginations 25 peuvent boucher également l'autre canal 3 ou les deux canaux 3 de chaque vanne 2. De plus, au niveau de la vanne 2, il peut y avoir plus de canaux 3, c'est-à-dire trois et au-delà.

On remarque également que la carte comporte un certain nombre de compartiments 17. Les compartiments 17 sont reliés aux vannes par l'intermédiaire des canaux 3 et il est possible mais cela n'est pas représenté sur la figure que d'autres vannes et d'autres compartiments soient présents sur le reste de la carte 1 ce qui permet d'effectuer des mélanges entre deux réseaux de canaux 3 situés en parallèle et non plus en série.

Sur les figures 2 et 3, on remarque la présence, sur la face supérieure 4 de la carte 1, au moins au niveau de la vanne 2, d'un film flexible 7 qui n'est pas autocollant comme ceci a été expliqué en analyse de l'état de la technique. Ce film 7 est donc soudé en 10 au niveau d'une rainure 9 périphérique à la vanne 2. Cette technique particulière est décrite ici à titre d'exemple représentatif d'un mode de réalisation sans caractère limitatif, il est d'ailleurs déjà bien décrit dans la demande PCT/FR00/01719. Néanmoins, sur la face inférieure 5 de ladite carte 1, il est possible d'utiliser un film autocollant 21 bien connu de l'état de la technique. Bien entendu, il est également possible d'avoir un deuxième film flexible 7 sur cette autre face en fonction des positions d'un seul côté ou de part et d'autre de la carte 1 de vannes 2. Les faces supérieure 4 et inférieure 5 sont reliées l'une à l'autre par un bord 6.

En fait, le fluide ou les fluides présents dans la carte d'analyse 1 sont mus selon F1 au sein de cette carte 1 par l'intermédiaire d'une mise sous pression ou une dépression qui est créée. Le mouvement du fluide au niveau d'une vanne 2, selon F3 de la figure 3, est autorisé en déformant l'invagination 25 selon F2, par application d'une tension électrique provoquant la mobilisation des ions dans le film polymère



conducteurs. Cette mobilité des ions entraîne la déformation, la contraction ou la dilatation du film par le déplacement des molécules d'eau. La réponse tension-courant est typiquement voltamogramme qui comporte une hystérésis importante entre l'oxydation et la réduction. Un exemple de l'évolution du courant en fonction de la tension appliquée peut être trouvé par exemple dans l'article de T. W. Lewis, L. A. P. Kane-Maguire, A. S. Hutchinson, G. M. Spinks et G. G. Wallace, Development of an all-polymer, axial force electrochemical actuator. Synthetic Metals 102 (1999) 1317-1318.

Ainsi, le film 7 va pouvoir être déformé et le fluide pourra passer selon F3 comme cela est bien représenté. Il est donc nécessaire que le film 7 soit en un matériau qui se déforme sous l'action de ce courant électrique et qui revienne en position d'obturation selon la figure 2, dès que ledit courant n'est plus appliqué.

Selon un premier mode de construction, le polymère électro-actif formant le film 7 est constitué par une membrane poreuse revêtue sur l'une de ses faces d'une couche d'or ou d'argent, constituant à la fois les électrodes positive et négative de la source de courant électrique.

Selon un second mode de construction, le polymère électro-actif est constitué par une membrane poreuse revêtue sur chacune de ses faces d'une couche conductrice, constituant pour l'une des couches l'électrode positive et pour l'autre couche l'électrode négative de la source de courant électrique.

Cette couche conductrice est constituée de polyaniline et/ou de polypyrrole, qui répondent par un mouvement pendulaire à une excitation électrique.

## 2°) Deuxième variante de réalisation :

Cette variante reprend les mêmes constituants et donc les mêmes références que ceux de la première variante, à savoir la vanne 2, les canaux 3, les faces 4 et 5 de la carte d'analyse 1, le bord 6 de ladite carte 1, le film en polymère électro-actif 7 porté par la face 4 de la carte 1, le renforcement ou rainure périphérique 9 à la vanne 2, la soudure périphérique 10 située au fond de la rainure 9 et le film 21.

Par contre, la face supérieure 4 de la carte 1 comporte un évidement 26, dont les dimensions (diamètre et profondeur supérieurs) permettent :

- la présence d'un épaissement 27 (diamètre et profondeur inférieurs) du film 7, et
- que les deux canaux 3 impliqués dans la vanne 2 soient débouchants au niveau de cet évidement 26.

5 Lorsque l'on applique une différence de potentiel telle que définie précédemment dans la première variante de réalisation, le film 7 va pouvoir gonfler et le fluide ne pourra alors plus passer selon F3 comme cela est bien représenté sur la figure 5. Il est donc nécessaire que le film 7 soit en un matériau qui se déforme sous l'action de ce courant électrique et qui revienne en position pour laisser le passage au fluide selon F3, voir la figure 4, dès que ledit courant n'est plus appliqué.

10 C'est donc l'effet inverse de la première variante de réalisation, lorsque l'on applique un courant électrique, la vanne 2 selon cette première variante de réalisation est ouverte, alors qu'elle 2 est fermée selon la deuxième variante de réalisation, et vice versa.

15 Bien entendu, l'évidement 26 est de diamètre inférieur à la partie plane circonscrite par la rainure périphérique 9.

### 3°) Troisième variante de réalisation :

20 Cette troisième variante reprend les mêmes constituants et donc les mêmes références que ceux des première et deuxième variantes, à savoir la vanne 2, les canaux 3, les faces 4 et 5 de la carte d'analyse 1, le bord 6 de ladite carte 1, le film en polymère électro-actif 7 porté par la face 4 de la carte 1, le renforcement ou rainure périphérique 9 à la vanne 2, la soudure périphérique 10 située au fond de la rainure 9 et le film 21.

25 Par contre, la face supérieure 4 de la carte 1 comporte une concavité 28, dont les dimensions sont suffisantes pour que les deux canaux 3 impliqués dans la vanne 2 soient débouchants au niveau de cette concavité 28.

30 Lorsque l'on applique une différence de potentiel telle que définie précédemment dans les première et deuxième variantes de réalisation, le film 7 va pouvoir être déformé et épouser la forme de la concavité 28, ce qui va empêcher le fluide de passer selon F3 comme cela est bien représenté sur la figure 8. Il est donc nécessaire que le film 7 soit en un matériau identique aux deux premières variantes de réalisation ci-dessus exposées.

Dès que l'action de ce courant électrique cesse, le film 7 revient dans sa position initiale, selon la figure 7 et laisse ainsi le passage au fluide selon F3.

Bien entendu il est possible d'envisager le phénomène inverse, c'est-à-dire que le polymère électro-actif 7 ferme la vanne 2 au repos, et ouvre ladite vanne 2 dès que le courant est appliqué.

4°) Quatrième variante de réalisation :

La figure 9 représente une carte 1 différente des précédentes même si elle conserve la même référence. Ainsi celle-ci se singularise par l'absence du film en polymère électro-actif 7 qui est remplacé par un film 16, bien représenté sur les figures 10 et 11, et dont les caractéristiques sont essentiellement mécaniques comme cela a été évoqué précédemment.

Cette quatrième variante concerne une carte réactionnelle 1 qui est constituée, à l'instar des précédentes, d'un parallélépipède rectangle comportant une face avant 4 et une face arrière 5 reliées l'une à l'autre, par un bord qui comporte un épaulement 29.

Sur les figures 10 et 11, une vanne 2 est représenté plus en détail. On note qu'au repos celle-ci 2 est en position fermée, puisque le film 16 est plaqué sur la face où débouchent les canaux 3 qui constituent ladite vanne 2. La position fermée est rendue possible par la présence d'un moyen de compression ou languette 8, fixé sur la face 4 de la carte 1 par une partie de sa surface, l'autre partie surplombant ladite vanne 2. Pour assurer un contact et une étanchéité parfaite de la vanne 2, un pion en élastomère 11 porté par la languette 8 assure la liaison au repos entre ladite languette 8 et le film 16.

On remarque la présence au niveau de l'extrémité libre de la languette 8 d'un biseau 12 qui facilite l'ouverture de ladite vanne 2. Le rôle de ce biseau 12 est de permettre le basculement de ladite languette 8, selon F4 de la figure 11, sous l'action d'un élément extérieur, qui sera décrit ultérieurement.

Le mode de fonctionnement de cette vanne 2 est donc différent des trois variantes précédentes, puisque le courant électrique n'a pas d'action directe sur le film 16. Si l'on se cantonne à observer la carte 1, seule la présence ou l'absence de la languette 8, par l'intermédiaire de son pion en élastomère 11, permet respectivement la fermeture ou l'ouverture de ladite vanne 2.

L'élément extérieur qui est mis en œuvre pour permettre le déplacement selon F4 de la languette 8 est représenté sur les figures 12 et 13. Il s'agit d'un mécanisme de commande 13 porté par le châssis 30 d'un appareil automatique d'analyse, non représenté sur les figures. Ce châssis 30 porte au moins un levier 15 qui est constitué de plusieurs parties :

- une base 31 pour le solidariser audit châssis 30,
- une partie flexible 18, formant axe d'articulation de la partie suivante 19,
- une partie rigide 19 pour transmettre le mouvement de basculement selon F6,
- un bossage d'appui 20, dont la fonction sera exposée par la suite, et
- une extrémité 24, éventuellement biseautée, qui agit sur la languette 8 (mouvement selon F4) et plus précisément sur le biseau 12 de cette languette 8.

Ce basculement selon F6 est bien visible sur la figure 13. Il est le fait d'un fil en matériau à mémoire de forme 22, dont chacune des deux extrémités est en contact avec une borne de connexion électrique 23 permettant l'adressage. Ainsi chaque fil 22 est adressé et positionné électriquement via un simple transistor, non représenté sur les figures, directement commandé par l'électronique de l'instrument. De ce fait au niveau de chaque borne de connexion électrique 23 en série, permettant l'adressage, on applique une tension de l'ordre d'un à quelques volts, ce qui dilate le ou les fil(s) 22. Si les fils 22 sont en série, l'application d'une tension au niveau d'une borne 23 provoque la dilatation de tous les fils 22 positionnés en série. Si par contre chaque borne 23 sépare électriquement les deux fils électriques 22 qui en sont issus, l'adressage pourra être effectué en relation avec tout ou partie de ces fils.

Le long d'un fil 22, un autre contact existe avec le bossage d'appui 20 qui sert de moyen de transmission de la force de rétreint F5 dudit fil 22, pour assurer le basculement F6 de la partie rigide 19 du levier 15. De tels fils 22 peuvent être constitués par des fils en FLEXINOL (marque déposée) en alliage complexe de nickel - titane qui ont été achetés auprès de la société DYNALLOY Inc. (Costa Mesa, Californie, Etats-Unis d'Amérique). A température ambiante, ce fil 22 est étiré facilement, mais lorsqu'il est traversé par un courant suffisant, c'est-à-dire environ 1000 milliampères (mA) sous 0,3 Volt par centimètre (V/cm), sa longueur se réduit de 3 à 5 % en exerçant une traction d'environ 900 gramme.force (g.force). Néanmoins, cette

force est fonction du diamètre du fil, comme cela est bien représenté dans le tableau 3 ci-dessous :

Diamètre du fil (mm)	Force de rétreint (g.force)	Force de relaxation (g.force)	Courant typique (mA) sous 0,3V/cm
0,05	35	8	50
0,10	150	28	180
0,15	330	62	400
0,25	930	172	1000
0,38	2000	380	2500

5 Tableau 3 : Performance des fils à mémoire de forme en fonction de leur diamètre

Les temps de réponse permettent de 13 à 65 cycles par minute, pour une température de transition de 90°C. Le nombre de cycles est de 9 à 40 si cette température est de 70°C. La durée de vie de ce type de fil 22 est d'au moins un million de cycles.

10 Comme représenté sur les figures 12 et 13, l'appareil automatique d'analyse peut contenir plusieurs carte 1 en parallèle, elles 1 pourraient néanmoins être montées également en série, ou les deux à la fois (série et parallèle). Dans un mode de réalisation de l'invention, la distance séparant deux cartes 1 en parallèle est de 25 mm. De même, 15 il est possible d'avoir les uns au-dessus des autres de nombreux leviers 15, afin de permettre l'ouverture de plusieurs vannes 2 situées côte à côte sur une carte 1. Le pas existant entre deux leviers 15 adjacents et travaillant sur une même carte 1 est généralement compris entre 1 et 5 mm. Préférentiellement, ce pas a une valeur utilisée dans le domaine électronique, telles que 3,96 mm, 2,54 mm ou 1,28 mm.

20

#### 5°) Cinquième variante de réalisation :

Les figures 14 et 15 représentent une carte 1 différente des précédentes même si elle conserve la même référence. Ainsi celle-ci 1 se singularise par l'absence du film en

polymère électro-actif 7 qui est remplacé par un film 16, bien représenté sur les figures 10 et 11, et dont les caractéristiques sont essentiellement mécaniques comme cela a été évoqué précédemment. Cette cinquième variante est une évolution simplifiée de la quatrième variante.

5 La différence essentielle réside dans le fait que la carte 1 ne comporte pas de moyens de compression 8. La carte 1 possède donc des vannes normalement ouvertes au repos, alors qu'elles étaient normalement fermées pour la quatrième variante.

10 Le mécanisme de commande 13 est donc plus simple, selon cette cinquième variante, car le levier 32 agit directement sur ladite carte 1, ainsi l'extrémité libre de celui-ci 32, non référencée, est munie d'un moyen de fermeture étanche ou pion de compression en élastomère 33. Ce pion comprime le film 16 lorsque le fil en matériau à mémoire de forme 22, déjà décrit dans la variante précédente, n'est pas sous tension.

15 Il est également possible de prévoir que le fil 22 est remplacé par une bande longitudinale d'un matériau en polymère électro-actif, selon les trois premières variantes de réalisation.

## REFERENCES

1. Dispositif ou carte d'analyse
- 5 2. Vanne
3. Canal
- 4 et 5. Faces de la carte 1
6. Bord de la carte 1
7. Film en polymère électro-actif porté par la face 4 de la carte 1
- 10 8. Moyen de compression du film 7 ou languette flexible
9. Renforcement ou rainure périphérique à la vanne 2
10. Soudure périphérique située au fond de la rainure 9
11. Moyen de fermeture étanche ou pion de compression en élastomère porté par  
le moyen ou languette 8
- 15 12. Moyen d'ouverture ou biseau porté par le moyen ou languette 8
13. Mécanisme de commande
14. Matériau à mémoire de forme constituant le mécanisme de commande 13
15. Levier basculant constituant le mécanisme de commande 13
16. Film flexible et/ou qui peut être déformé porté par la face 4 de la carte 1
- 20 17. Compartiment de la carte 1
18. Partie flexible du levier 15
19. Partie rigide du levier 15
20. Bossage d'appui du levier 15
21. Film porté par l'autre face 5 de la carte 1
- 25 22. Fil en matériau à mémoire de forme
23. Borne de connexion électrique permettant l'adressage
24. Extrémité biseautée du levier 15 agissant sur la languette 8
25. Invagination du film 7
26. Evidement portée par la face 4 de la carte 1
- 30 27. Epaissement 27 du film 7 au niveau de l'évidement 26
28. Concavité portée par la face 4 de la carte 1

- 29. Epaulement de la carte d'analyse 1
- 30. Châssis d'un appareil automatique d'analyse
- 31. Base 31 du levier 15 solidaire du châssis 30
- 32. Levier basculant constituant le mécanisme de commande 13
- 5 33. Moyen de fermeture étanche ou pion de compression en élastomère porté par  
le levier 32
- F1. Mouvements fluidiques au niveau de la carte 1
- F2. Déformation du film 7
- F3. Transfert fluïdique au niveau de la vanne 2
- 10 F4. Basculement de la languette 8
- F5. Force de rétreint du fil en matériau à mémoire de forme 22
- F6. Basculement du levier 15 sous l'action du fil en matériau à mémoire de forme 20



## REVENDICATIONS

1. Vanne (2), traversée par au moins un canal (3), permettant de diriger au moins un fluide (F3) mû par des moyens de transfert au sein d'un dispositif (1), le  
5 dispositif (1) comportant au moins une face (4), éventuellement plane, la vanne (2) est constituée d'une part d'un film (7 ou 16), flexible et/ou qui peut être déformé, fixé sur tout ou partie de la face (4) dudit dispositif (1), et d'autre part d'un actionneur du film (7 ou 16), qui permet d'activer ou de désactiver ladite vanne (2), cet actionneur étant constitué par une source électrique.

10

2. Vanne, selon la revendication 1, caractérisée par le fait que le dispositif (1) est constitué par une carte d'analyse (1) comportant deux faces (4 et 5), éventuellement planes et reliées l'une (4) à l'autre (5) par un bord (6), la vanne (2) est constituée d'une part d'un film (7 ou 16), flexible et/ou qui peut être déformé, fixé sur tout ou partie  
15 d'au moins l'une des faces (4 et/ou 5).

20

3. Vanne, selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, caractérisée par le fait que l'actionneur agit directement sur un polymère électro-actif ou sur un matériau à mémoire de forme.

25

4. Vanne, selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée par le fait que le film (7) est constitué par au moins une couche de polymère électro-actif permettant d'activer ou de désactiver directement la vanne (2).

30

5. Vanne, selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisée par le fait que le film (7) est constitué d'une couche de polymère électro-actif associé à une membrane poreuse revêtue sur l'autre de ses faces d'une couche métallique d'or ou d'argent, le polymère électro-actif constituant soit l'électrode positive soit l'électrode négative et la couche métallique constituant l'électrode de polarité complémentaire de l'actionneur ou source de courant électrique.

6. Vanne, selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisée par le fait que le film (7) est constitué par une membrane poreuse revêtue sur chacune de ses faces d'une couche de polymère électro-actif, constituant pour l'une des couches l'électrode positive et pour l'autre couche l'électrode négative de l'actionneur ou source de courant électrique.

7. Vanne, selon l'une quelconque des revendications 4 à 6, caractérisée par le fait que une couche de polymère électro-actif est constituée de polyaniline et/ou de polypyrrole et/ou de polythiophène et/ou polyparaphénylvinylène et/ou poly-(p-pyridyl vinylène), éventuellement associé à du polyéthylène.

8. Vanne, selon l'une quelconque des revendications 4 à 6, caractérisée par le fait que la couche poreuse est constituée de tout matériau ou mélange de matériaux dont la porosité laisse passer les ions, tel que téflon, polyamide, cellulose, polyacétate et/ou polycarbonate.

9. Vanne, selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée par le fait qu'un mécanisme de commande (13) est présent entre le film (16) et l'actionneur.

10. Vanne, selon la revendication 9, caractérisée par le fait que le mécanisme de commande (13) est constitué en toute ou partie par un polymère électro-actif selon les revendications 3 à 8, ou par un matériau à mémoire de forme (14), permettant d'activer ou de désactiver indirectement la vanne (2).

11. Vanne, selon l'une quelconque des revendications 3 ou 10, caractérisée par le fait que le polymère électro-actif est constitué par une bande longitudinale d'au moins une couche de polymère électro-actif, ou que le matériau à mémoire de forme (14) est constitué par un fil en alliage complexe dont la structure se modifie en fonction de la température, tel qu'un alliage de nickel et de titane.

12. Vanne, selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, caractérisée par le fait que le matériau à mémoire de forme (14) coopère avec un levier basculant (15) et constituent ensemble toute ou partie du mécanisme de commande (13).

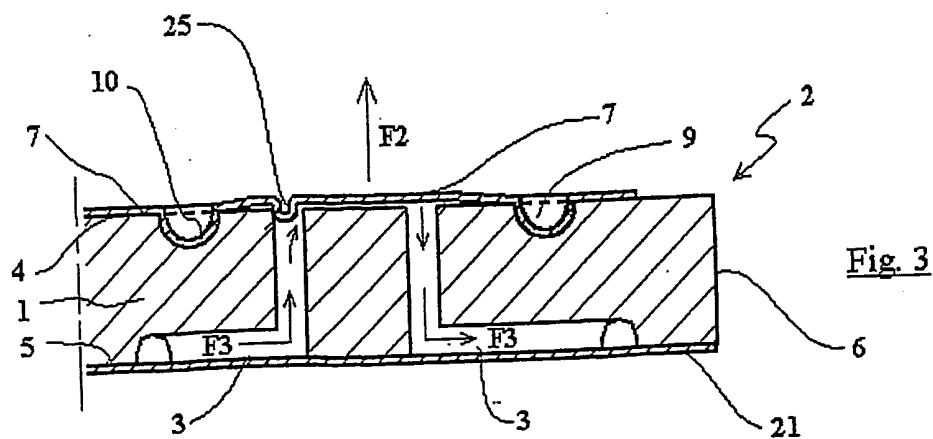
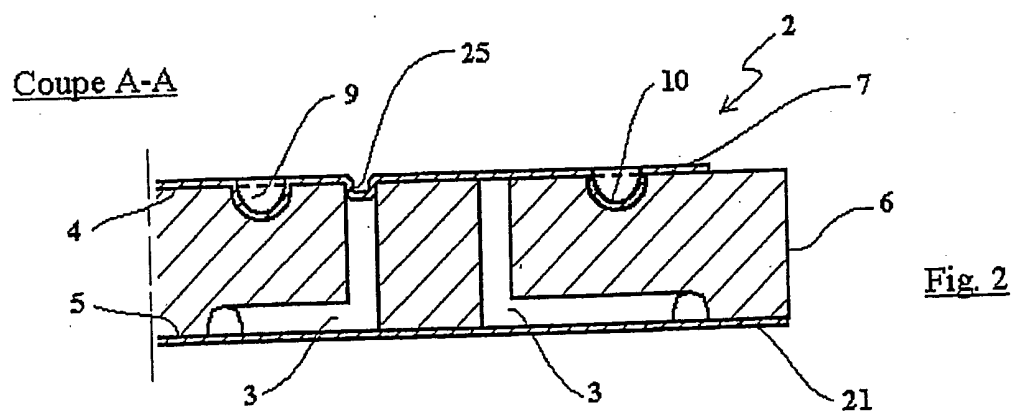
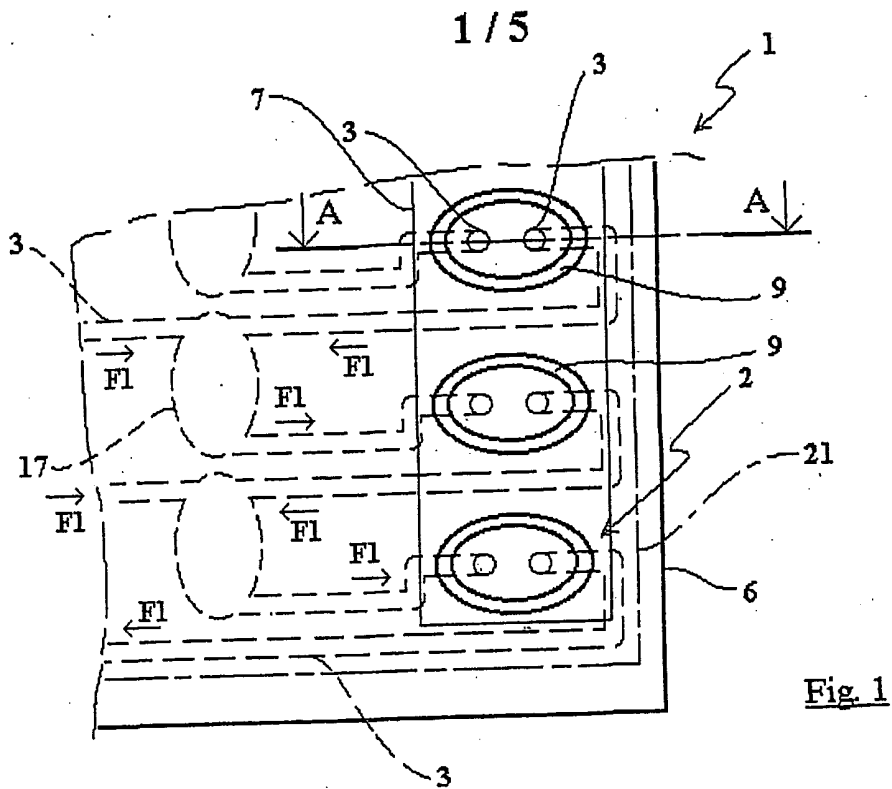
5 13. Vanne, selon la revendication 12, caractérisée par le fait que le levier basculant (15) est constitué d'une partie flexible (18) et d'une partie rigide (19), la partie rigide coopérant avec un moyen de compression (8) de la vanne (2), le matériau à mémoire de forme (14), le levier (15) et le moyen de compression (8) constituent ensemble toute ou partie du mécanisme de commande (13).

10

14. Carte d'analyse contenant au moins une vanne, selon l'une quelconque des revendications 1 à 13.

15 15. Procédé d'activation d'une vanne, selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, caractérisé en ce qu'il consiste à :

- appliquer un courant électrique à un film ou un fil en polymère électro-actif ou en un métal à mémoire de forme en position de repos, la vanne étant en position ouverte (ou fermée),
- maintenir le courant pour conserver le film ou le fil en position active correspondant à une action directe ou indirecte sur la vanne en position fermée (ou ouverte), et
- 20 • arrêter le courant pour que ledit film ou fil retourne en position de repos et ladite vanne retourne en position ouverte (ou fermée).



2 / 5

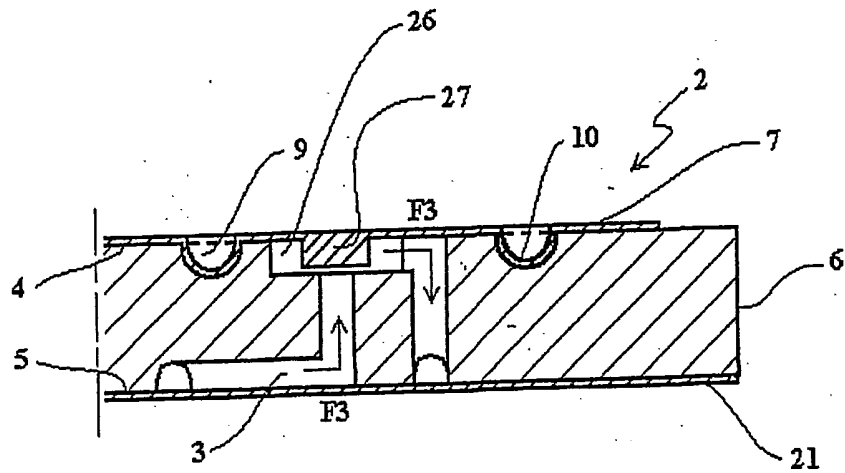


Fig. 4

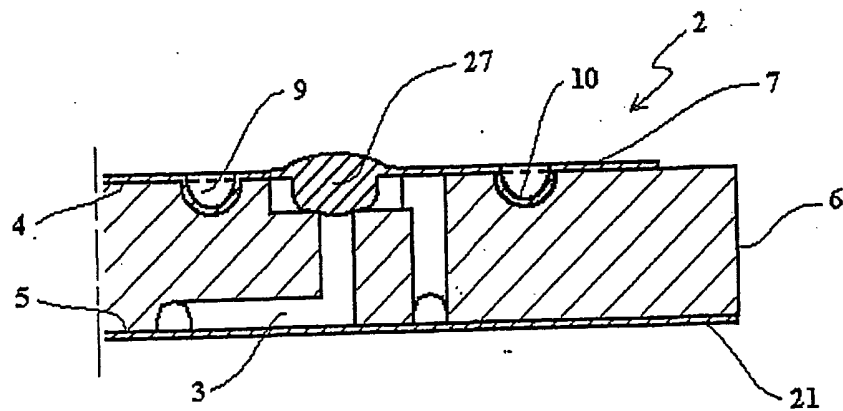


Fig. 5

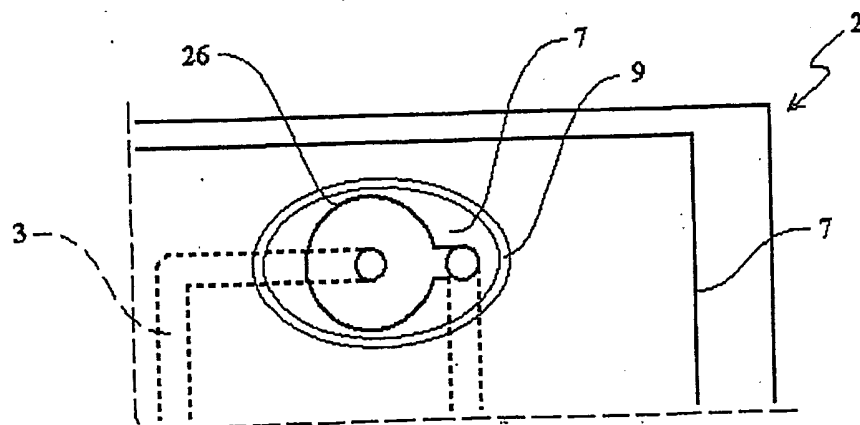
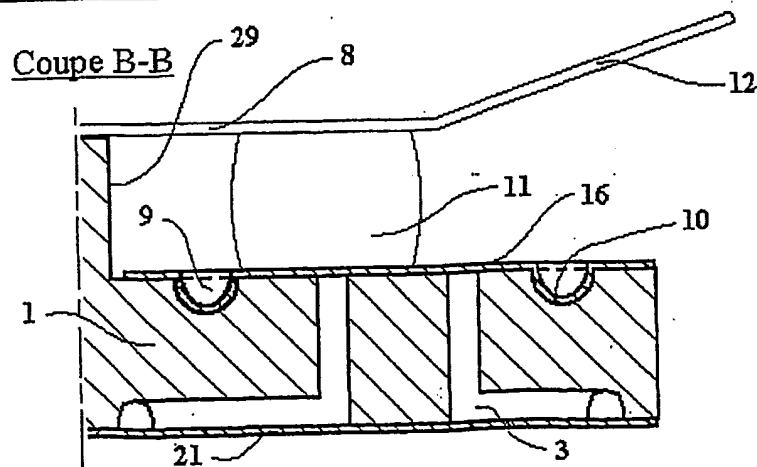
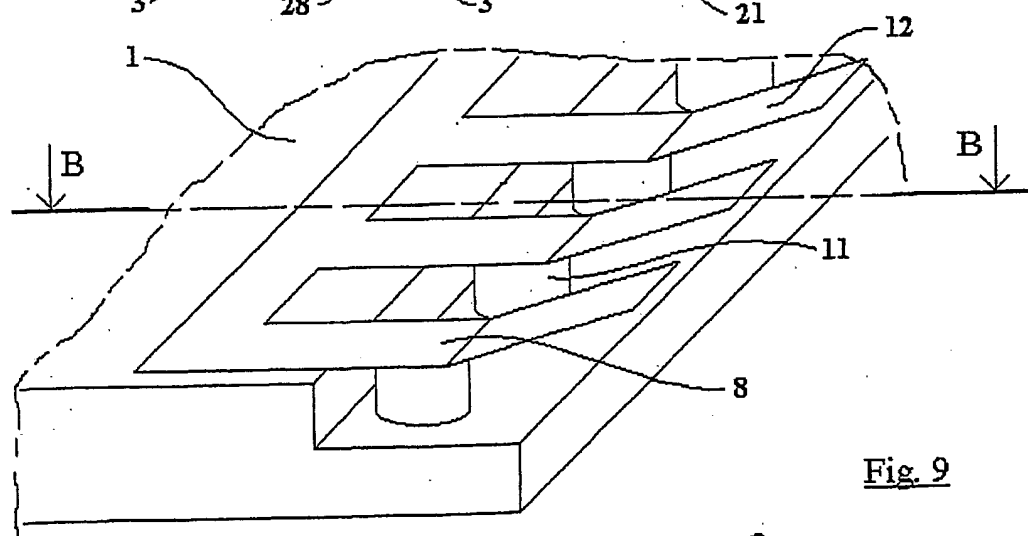
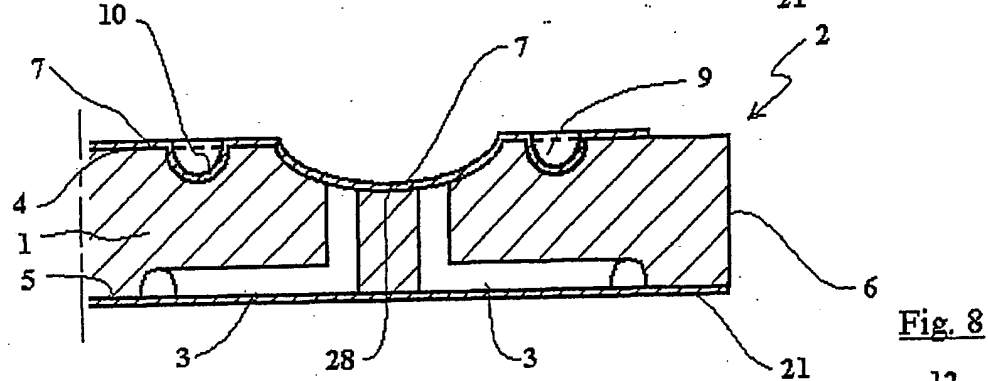
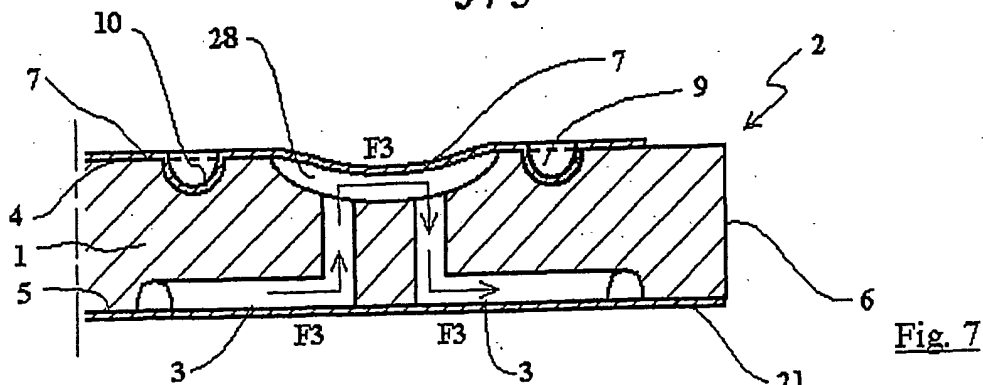


Fig. 6

3 / 5



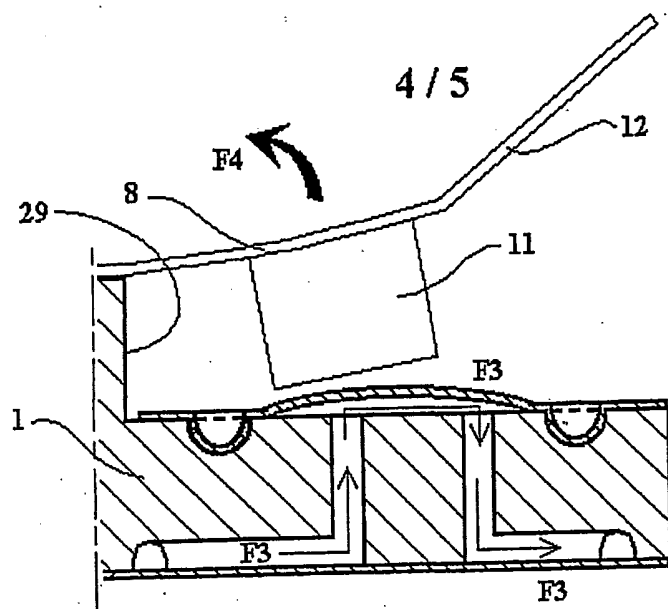


Fig. 11

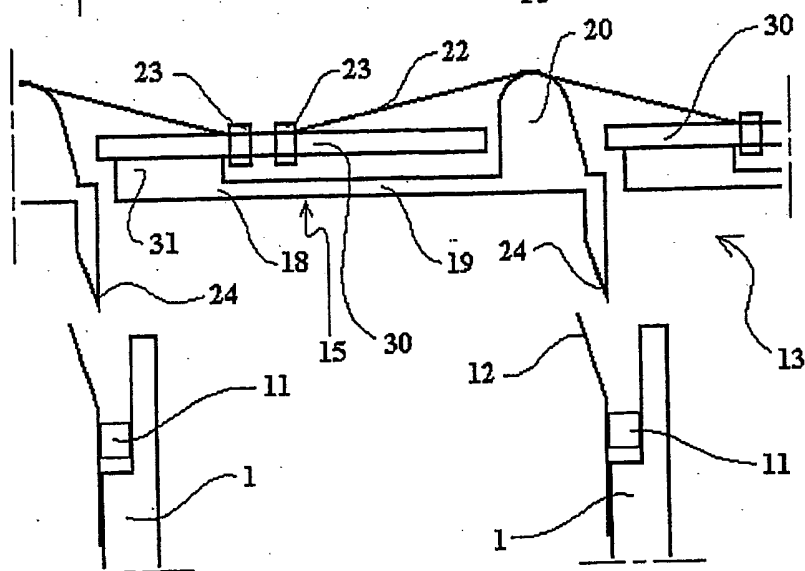


Fig. 12

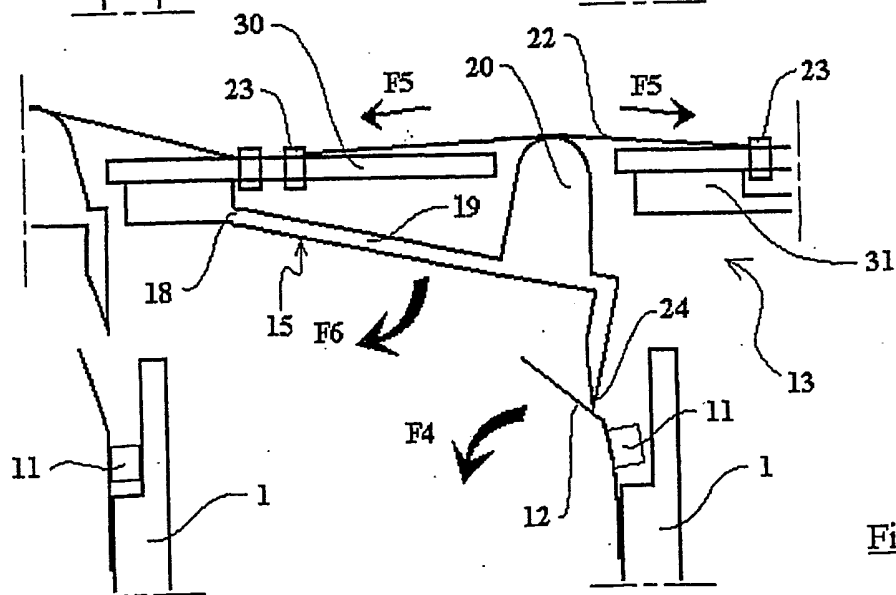


Fig. 13

5/5

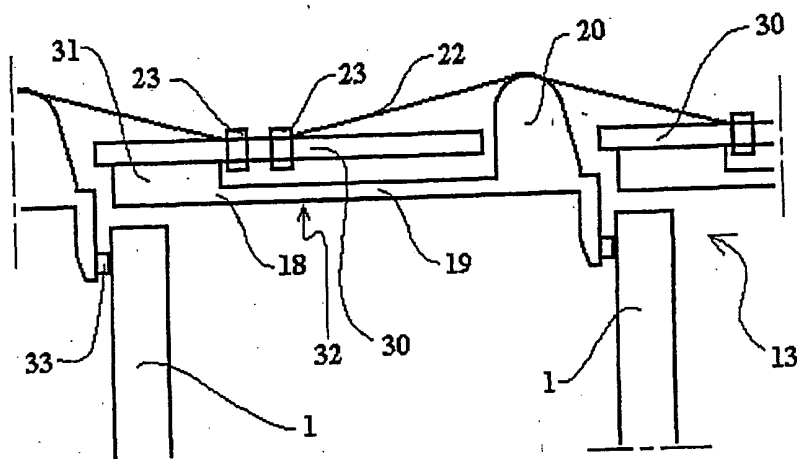


Fig. 14

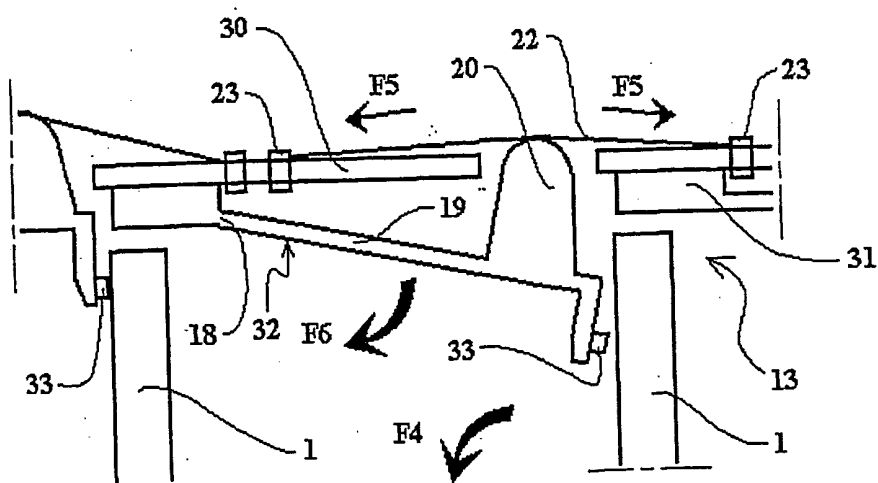


Fig. 15



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 01/03783

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 F04B53/10 B01J19/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 F04B B01J F16K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 97 22825 A (NEUKERMANS ARMAND P) 26 June 1997 (1997-06-26) cited in the application abstract page 1, line 33-36 page 4, line 4-8 page 8, line 33 -page 9, line 29 figures 1-6	1-6, 8, 11, 14, 15
X	US 6 033 191 A (DOPPER JOACHIM ET AL) 7 March 2000 (2000-03-07) cited in the application abstract column 6, line 15-22 figures 1-4	1, 3, 4, 6, 11, 15
	--- -/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 February 2002

Date of mailing of the international search report

19/02/2002

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Pais, L

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 01/03783

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 97 33094 A (MAILLEFER DIDIER ;WESTONBRIDGE INT LTD (IE)) 12 September 1997 (1997-09-12) abstract figures 1-6 ---	1
A	WO 97 27324 A (SARNOFF DAVID RES CENTER) 31 July 1997 (1997-07-31) cited in the application abstract; figures 1-5 ---	1
X,P	FR 2 795 476 A (BIOMERIEUX SA) 29 December 2000 (2000-12-29) abstract; figures -----	1

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 01/03783

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9722825	A	26-06-1997	EP 0862708 A1 JP 2000508058 T WO 9722825 A1	09-09-1998 27-06-2000 26-06-1997
US 6033191	A	07-03-2000	DE 19720482 A1	19-11-1998
WO 9733094	A	12-09-1997	AU 2024897 A WO 9733094 A1	22-09-1997 12-09-1997
WO 9727324	A	31-07-1997	AU 1825197 A WO 9727324 A1 US 5863502 A	20-08-1997 31-07-1997 26-01-1999
FR 2795476	A	29-12-2000	FR 2795476 A1 AU 6450900 A WO 0078453 A1	29-12-2000 09-01-2001 28-12-2000

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No

PCT/FR 01/03783

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
CIB 7 F04B53/10 B01J19/00

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 F04B B01J F16K

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	WO 97 22825 A (NEUKERMANS ARMAND P) 26 juin 1997 (1997-06-26) cité dans la demande abrégé page 1, ligne 33-36 page 4, ligne 4-8 page 8, ligne 33 -page 9, ligne 29 figures 1-6	1-6,8, 11,14,15
X	US 6 033 191 A (DOPPER JOACHIM ET AL) 7 mars 2000 (2000-03-07) cité dans la demande abrégé colonne 6, ligne 15-22 figures 1-4	1,3,4,6, 11,15

-/--



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- \*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- \*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- \*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- \*Z\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

12 février 2002

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

19/02/2002

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Pais, L

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No

PCT/FR 01/03783

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	WO 97 33094 A (MAILLEFER DIDIER ;WESTONBRIDGE INT LTD (IE)) 12 septembre 1997 (1997-09-12) abrégé figures 1-6	1
A	WO 97 27324 A (SARNOFF DAVID RES CENTER) 31 juillet 1997 (1997-07-31) cité dans la demande abrégé; figures 1-5	1
X,P	FR 2 795 476 A (BIOMERIEUX SA) 29 décembre 2000 (2000-12-29) abrégé; figures	1

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande Internationale No

PCT/FR 01/03783

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 9722825	A	26-06-1997	EP 0862708 A1 JP 2000508058 T WO 9722825 A1	09-09-1998 27-06-2000 26-06-1997
US 6033191	A	07-03-2000	DE 19720482 A1	19-11-1998
WO 9733094	A	12-09-1997	AU 2024897 A WO 9733094 A1	22-09-1997 12-09-1997
WO 9727324	A	31-07-1997	AU 1825197 A WO 9727324 A1 US 5863502 A	20-08-1997 31-07-1997 26-01-1999
FR 2795476	A	29-12-2000	FR 2795476 A1 AU 6450900 A WO 0078453 A1	29-12-2000 09-01-2001 28-12-2000

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**